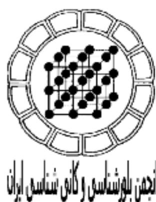
مجله
بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی



سال سی ام، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۱، از صفحهٔ ۲۳۹ تا ۲۵۲

کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و چگونگی تشکیل منگنز تملیه (شمال‌غرب سلسله-استان لرستان)

سیدوحید شاهرخی*

گروه زمین‌شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۶/۲، نسخه نهایی: ۱۴۰۰/۷/۲۴)

چکیده: تملیه در ۲۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان سلسله (استان لرستان) واقع است. از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه‌ای، این منطقه در مجموعه رادیولاریتی هرسین قرار دارد. ترکیب سنگ‌شناسی مجموعه دربرگیرنده شامل رادیولاریت، پریدوتیت، گابرو، دایک‌های صفحه‌ای، بازالت، آندزیت، آهک و مرمر است. کانی‌سازی منگنز به شکل رگه-رگچه‌ای و بیشتر درون گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌های رادیولاریت‌ها رخ داده است. بر اساس بررسی‌های کانی‌شناسی، همبرزایی منگنز شامل کانی‌های پیرولوسیت، پسیلوملان، تودوروکیت، کریپتوملان، لپیدوکروزیت، و اکسید-هیدروکسیدهای منگنز(هوسمانیت، هیدروهوسمانیت، مانگانیت) است. کلسیت و کوارتز مهم‌ترین کانی‌های باطله هستند. برپایه داده‌های زمین‌شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب کانسنگ، نمودارهای تفکیک کننده مختلف و نسبت‌های عنصری، تطابق خوبی بین منطقه منگنزدار تملیه با کانسارهای گرمابی وجود دارد. از سوی دیگر، محاسبه نسبت‌های مختلف عنصری چون Mn/Fe (با میانگین ۰/۹۲)، Ti/Al (با میانگین ۰/۰۱)، Co/Ni (با میانگین ۰/۹۷)، Co/Zn (با میانگین ۰/۲۸)، U/Th (با میانگین ۰/۷۳)، La/Ce (با میانگین ۰/۳۲)، عناصر خاکی نادر سبک به سنگین (LREE/HREE، با میانگین ۸/۶۴) و مجموع عناصر خاکی نادر (ΣREE، با میانگین ۵۶/۵۳) نشان‌دهنده گرمابی بودن ذخیره منگنز تملیه است. مقایسه الگوی بهنجارشده عناصر خاکی نادر کانسنگ منگنز تملیه با دیگر کانسارهای منگنز جهان بیانگر خاستگاه گرمابی این کانسار است. الگوی توزیع عناصر خاکی نادر بهنجار شده کندریت نشان‌دهنده بی‌هنجاری مثبت Ce با میانگین ۲۴/۵ و بی‌هنجاری منفی Eu با ۰/۵۴ است که به روشنی با نهشته‌های گرمابی منگنز همخوانی دارد. به این ترتیب، سیال‌های کانه‌ساز می‌توانند از آب‌های سطحی و یا ماگمائی شکل گرفته باشند و با ضمن چرخش در سنگ‌های آتشفشانی، منگنز و سایر فلزها را با خود حمل نموده و طی بالا رفتن از مناطق مناسب موجب نهشته‌شدن منگنز در گسل‌ها و شکستگی‌های عمده شوند.

واژه‌های کلیدی: *زمین‌شیمی؛ گرمابی؛ عناصر خاکی نادر؛ منگنز؛ رادیولاریت؛ تملیه.*

مقدمه

اکسیدهای منگنز بار سطحی منفی، واکنش‌پذیری و ظرفیت جذب سطحی بالایی برای کاتیون‌های مختلف دارند [۱، ۲]. اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز از سه خاستگاه گرمابی، آبزاد و درونزادی نهشته می‌شوند [۳، ۴]. کانسارهای منگنز گرمابی در مقایسه با کانسارهای منگنز آبزاد، نسبت Mn/Fe بالاتری دارند، و در دو محیط زمین ساختی مختلف بصورت رگه‌های فراگرمایی و یا چینه گران نهشته می‌شوند. رگه‌های فراگرمایی به‌طور مستقیم از محلول‌های گرمابی دما پایین و در درون شکستگی‌های سنگ میزبان تشکیل می‌شوند. انواع چینه گران برآمده از سیال های گرمابی زیردریایی هستند و ساختار لایه لایه و توده‌ای نامنظم دارند [۵، ۶]. همچنین کانسارهای منگنز گرمابی در مقایسه با کانسارهای منگنز آبزاد مقادیر کمتری مس، سرب، روی، نیکل و کبالت دارند. کانسارهای منگنز درونزادی در مناطق درونزادی و به‌صورت گرهک‌های منگنز شکل گرفته‌اند و در مقایسه با آب‌های کم عمق، دارای مقادیر بالاتری از مس، سرب، روی، نیکل و کبالت هستند. دلیل این امر رشد کند، حضور بلندمدت در آب دریا و اثر فرآیندهای متفاوت در جذب ویژه این عناصر است. [۷، ۸].در این پژوهش، با بررسی های کانه‌نگاری و توصیف

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۱۰۷۸۴۹۸، پست الکترونیکی: V.Shahrokhi@khoiau.ac.ir

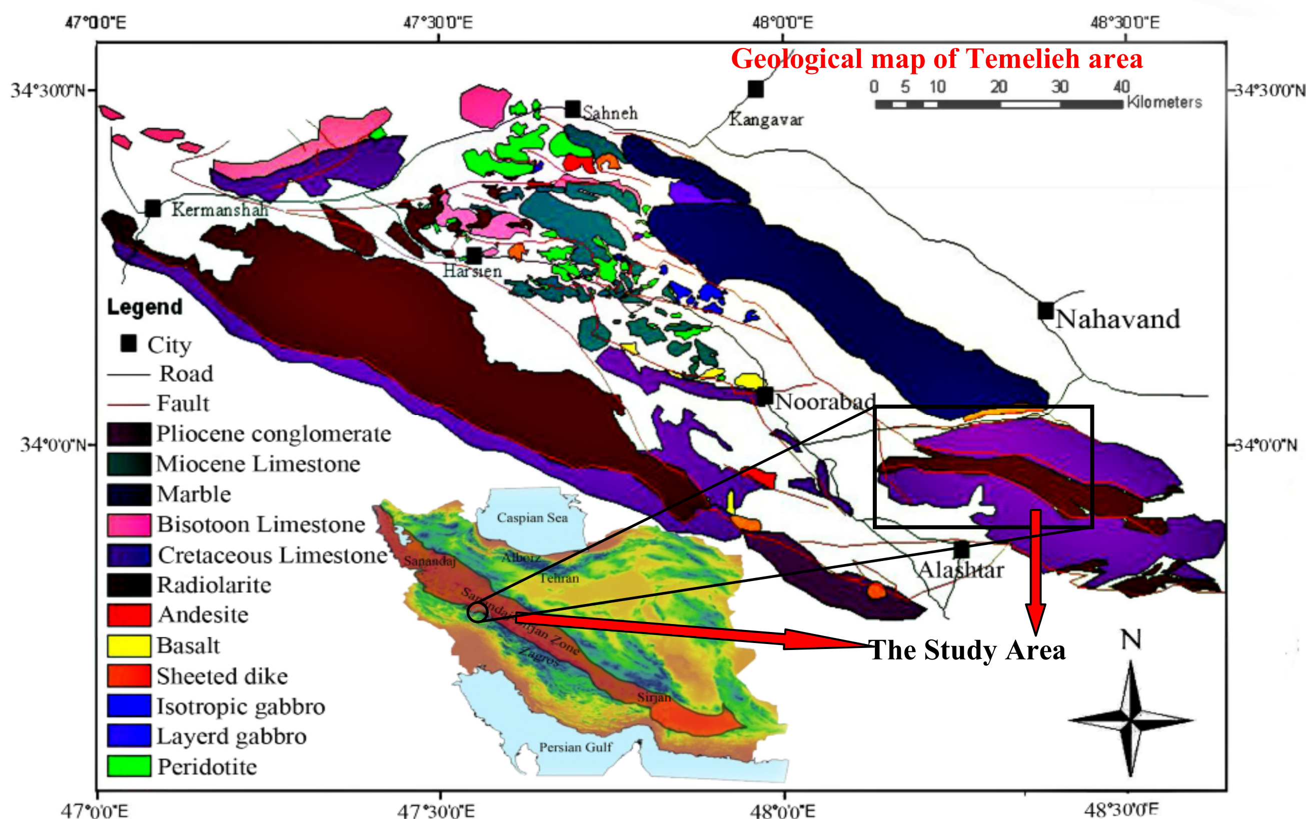
[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

کانه‌زایی، زمین شیمی عناصر اصلی و کمیاب کانسنگ منگنز تملیه، و چگونگی تشکیل و نوع کانسنگ منگنز با نگاهی به زمین‌شناسی منطقه تعیین می‌گردد.

زمین شناسی

نهشته منگنز تملیه در ۲۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان سلسله و ۱۰ کیلومتری شمال روستای تملیه قراردارد (شکل ۱). این منطقه در مرز بین '۴۸°۰۷ تا '۱۵ °۴۸ طول شرقی و '۵۷ °۳۳ تا '۰۰ °۳۴ عرض شمالی و در شمال‌غرب نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰خرم‌آباد واقع است [۹]. این نهشته از نظر زمین‌شناسی ساختاری در زیر پهنه رادیولاریتی [۱۰] در مرز بین پهنه کوهزایی زاگرس مرتفع و پهنه دگرگونی سنندج-سیرجان قرار دارد (شکل ۱). از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه‌ای، این منطقه در مجموعه رادیولاریتی هرسین واقع است [۱۱]. گسل کوه‌سفید حوضه رادیولاریتی را از حوضه زاگرس جدا می‌کند. این گسل در زمان تشکیل حوضه رادیولاریتی، دیواره جنوبی حوضه رادیولاریتی را تشکیل داده است [۱۲]. در این مجموعه رادیولاریتی، انواعی از گسل‌های در ارتباط با چین در ادامه چین‌خوردگی به وجود آمده‌اند [۱۳]. این رادیولاریت‌ها در ژوراسیک تا کرتاسه پسین تشکیل شده‌اند [۱۴]. گاهی نیز سن رادیولاریت‌ها سنومانین [۱۵] و گاه نیز ماستریشتین [۱۶] بیان شده است. در این راستا، کانسار منگنز سرخوند در ۶۰ کیلومتری شمال غربی منطقه مورد بررسی به صورت عدسی‌های به هم ریخته در مجموعه رادیولاریتی هرسین در اثر فرآیندهای گرمابی تشکیل شده است [۱۷].

فعالیت ماگمایی در منطقه تملیه در اثر فرورانش پوسته اقیانوسی تیتس جوان به زیر پوسته قاره‌ای ایران رخ داده است [۱۸]. توده‌های گابرویی موجود در این منطقه اولیوین‌گابرو، گابرو و تروکتولیت هستند. همبری این توده‌ها با سنگ‌های آتشفشانی دگرگونه، اسلیت و آهک‌های ژوراسیک، زمین ساختی و گسله بوده و با فرامافیک‌های موجود در توالی افیولیتی عادی است. این توالی افیولیتی در یک سامانه ابرفرورانشی تشکیل شده است [۱۹]. مجموعه افیولیتی و رادیولاریت‌های موجود در این منطقه به شدت زمین ساخته و چین‌خورده بوده [۲۰] و بسیار شبیه به رادیولاریت‌های مجموعه‌ی افیولیتی نیریز هستند [۲۱]. مجموعه افیولیتی نیریز در یک حوضه پیش کمانی بر منطقه فرورانش قرار دارد [۲۲]. در مجموعه رادیولاریتی نیریز، منگنز به صورت بین لایه‌ای با رسوب‌های چرتی رادیولاریتی وجود دارد [۲۳].



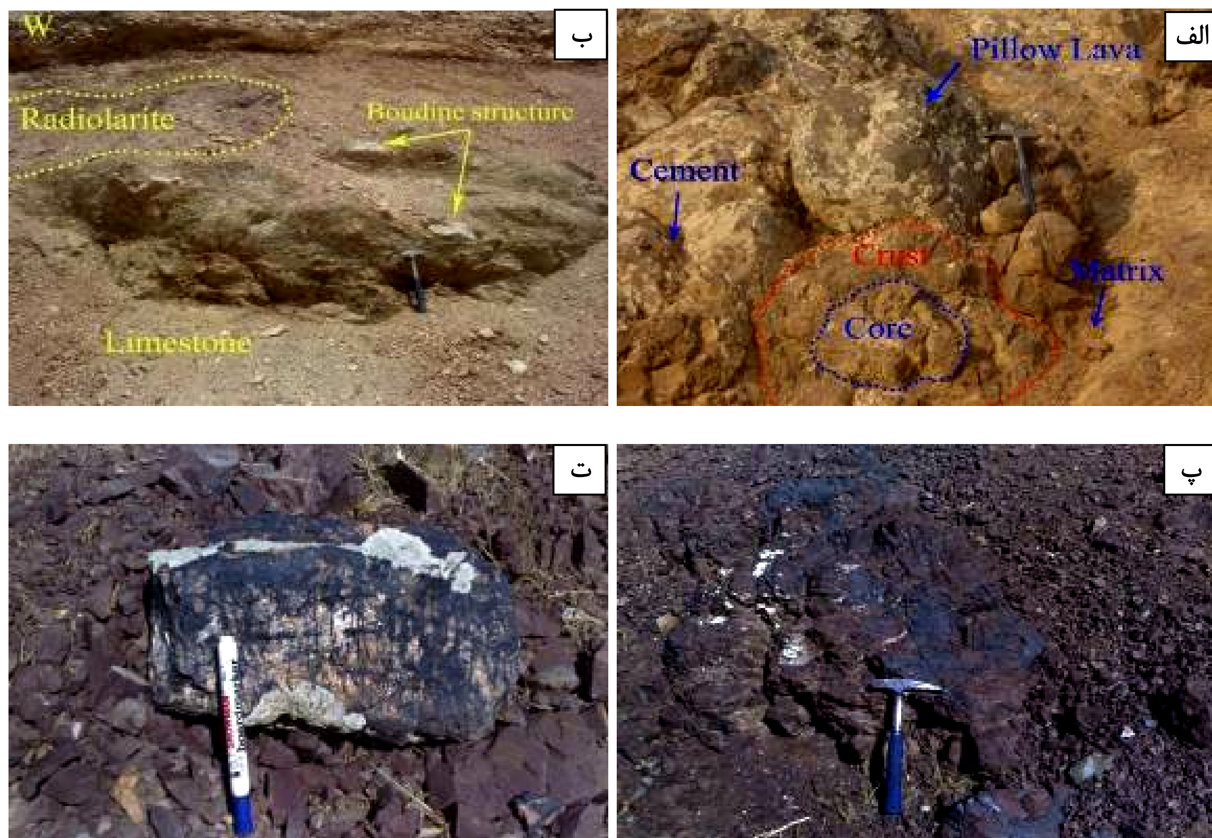
شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ ناحیه مورد بررسی [۱۱] و موقعیت منطقه بر آن

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سیال‌های گرمابی منگنزدار نقش اصلی را در تشکیل کانسنگ منگنز نیریز داشته‌اند [۲۴].

بررسی‌های صحرایی و سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که ترکیب سنگ‌شناسی شامل سنگ‌های رادیولاریتی (ژاسپر و چرت)، آهک کرتاسه و گدازه‌های بالشی است که آشکارا در منطقه مورد بررسی پراکنده هستند (شکل‌های ۲ الف و ب). گسل‌های کششی منطقه محل تشکیل رگه‌های اصلی، اقتصادی و پر ضخامت منگنز بوده و رگه‌های فرعی منطبق بر گسل‌های برشی راست‌گرد موجود در این منطقه هستند. ماهیت رگه و رگچه‌ای کانی‌سازی منگنز می‌تواند از نشانه‌های کانی‌سازی گرمابی در منطقه مورد بررسی باشد [۲۵].

بر اساس نقشه زمین‌شناسی موجود، می‌توان گفت که مهم‌ترین واحدهای سنگی در منطقه تملیه شامل رادیولاریت، پریدوتیت، گابروهای لایه‌ای و همسانگرد، دایک‌های صفحه‌ای، بازالت و آندزیت، آهک کرتاسه و مرمر هستند (شکل ۱).

در بین این واحدهای سنگی، سنگ‌های رادیولاریتی با رنگ قرمز تا قهوه‌ای دارای بیشترین مقدار منگنز بوده و به شدت زمین ساخته هستند. کانی‌سازی منگنز در این سنگ‌ها به صورت توده‌ای (شکل ۲پ) و داربستی (شکل ۲ت) دیده می‌شود. در برخی نقاط منطقه مورد بررسی، همبری آهک‌ها و رادیولاریت‌ها به روشنی و با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده است (شکل ۲ الف). این سنگ‌ها بیشتر دارای مرز گسله با رادیولاریت‌های منطقه مورد بررسی بوده که در اثر فرآیندهای زمین‌ساختی دارای شکل‌های زیبایی چون بودینی شدن هستند. این آهک‌ها شامل بر کلسیت، کانی رسی و رادیولر به مقدار بسیار کم هستند. سنگ آهک با نام علمی آهک‌رسی تا شیل‌آهکی [۲۶] و یا زیست آوار کلوخه‌ای سنگ آهک دانه چیره-سنگ سبز [۲۷] به رنگ خاکستری با ظاهر زمخت و خشن و لبه‌های تیز و برنده ناشی از انحلال با آب باران دیده می‌شود.



شکل ۲ تصاویر صحرایی از واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد بررسی: الف) ساختار بودینی شدن در آهک‌های هم‌مرز با رادیولاریت‌ها ب) قسمت‌های مختلف یک گدازه بالشی، پ) کانی‌سازی منگنز بصورت توده‌ای در رادیولاریت‌ها و ت) کانی‌سازی منگنز به صورت داربستی.

روش بررسی

برای بررسی‌های سنگ‌شناسی و شناسایی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌های رادیولاریتی و آتشفشانی منطقه منگنزدار تملیه، پس از پیمایش صحرایی و بررسی دگرسانی، دگرشکلی و ویژگی‌های ساختاری، تعداد ۳۰ نمونه از واحدهای سنگی منطقه برداشت شد. مقاطع نازک-صیقلی تهیه شده از این نمونه‌ها بررسی سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری شدند. در برداشت نمونه برای بررسی‌های میکروسکوپی، مشخصه‌هایی چون بافت و ساخت‌های اولیه و ثانویه، ویژگی‌های کانه‌زایی احتمالی، وجود و یا نبود دگرسانی گرمابی و تفکیک آنها از فرآیندهای هوازدگی و فرسایش مورد توجه بود. به منظور بررسی‌های زمین‌شیمی، تعداد ۱۰ نمونه از کانسنگ منگنز بدون کانی‌های باطله کوارتز و کلسیت، برای تعیین فراوانی اکسیدهای عناصر اصلی، کمیاب و خاکی نادر در آزمایشگاه SGS کشور کانادا به‌روش ذوب متابورات لیتیم و انحلال در چهار اسید آماده‌سازی و به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) تجزیه شیمیایی شدند. سپس با استفاده از داده‌های به دست آمده و نرم افزارهای رایانه‌ای، نمودارهای زمین‌شیمیایی مختلف رسم و تحلیل شد (جدول ۱).

جدول۱ نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت شده از کانسار منگنز تملیه به روش ICP-MS. (اکسیدهای عناصر اصلی برحسب درصد و عناصر بر حسب ppm).

	SHT-1	SHT-2	SHT-3	SHT-4	SHT-5	SHT-6	SHT-7	SHT-8	SHT-9	SHT-10
SiO_2	۶۲٫۵۰	۴۵٫۶۰	۶۲٫۲۰	۴۵٫۷۰	۴۵٫۵۰	۶۳٫۰۲	۶۲٫۱۲	۴۵٫۷۰	۶۲٫۳۰	۶۳٫۱۰
Al_2O_3	۲٫۰۲	۲٫۳۴	۲٫۲۷	۲٫۵۲	۲٫۱۴	۲٫۳۰	۲٫۲۹	۲٫۶۴	۲٫۳۹	۲٫۴۴
Fe_2O_3	۱۱٫۱۳	۱۷٫۲۵	۱۴٫۱۸	۱۷٫۲۰	۱۷٫۲۵	۱۱٫۲۰	۱۳٫۹۸	۱۷٫۳۰	۱۴٫۰۸	۱۱٫۱۰
MgO	۰٫۲۰	۰٫۳۵	۰٫۳۸	۰٫۴۰	۰٫۳۵	۰٫۱۳	۰٫۵۸	۰٫۳۰	۰٫۴۸	۰٫۲۳
MnO	۱۳٫۰۰	۱۰٫۵۰	۱۳٫۴۴	۱۰٫۵۰	۱۱٫۰۰	۱۰٫۲۲	۱۳٫۵۰	۱۰٫۰۰	۱۳٫۲۲	۱۰٫۰۰
CaO	۰٫۳۳	۰٫۵۱	۰٫۳۵	۰٫۵۱	۰٫۵۳	۰٫۳۲	۰٫۳۵	۰٫۵۲	۰٫۳۶	۰٫۳۳
K_2O	۰٫۳۲	۰٫۳۵	۰٫۱۷	۰٫۳۳	۰٫۳۳	۰٫۳۳	۰٫۱۷	۰٫۳۴	۰٫۱۶	۰٫۳۲
Na_2O	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
TiO_2	۰٫۱۵	۰٫۱۷	۰٫۱۲	۰٫۱۷	۰٫۱۸	۰٫۱۵	۰٫۱۲	۰٫۱۸	۰٫۱۳	۰٫۱۴
P_2O_5	۰٫۱۴	۰٫۱۷	۰٫۱۳	۰٫۱۷	۰٫۱۶	۰٫۱۴	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۲	۰٫۱۵
Cr_2O_3	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱
LOI	۶٫۲۷	۸٫۸۳	۳٫۷۵	۸٫۹۹	۸٫۸۹	۶٫۳۵	۳٫۷۵	۸٫۹۳	۳٫۶۵	۶٫۳۷
مجموع	۹۶٫۱۷	۸۶٫۱۸	۹۷٫۰۹	۸۶٫۶۰	۸۶٫۴۴	۹۴٫۲۷	۹۷٫۱	۸۶٫۱۸	۹۷٫۰۰	۹۴٫۲۹
Si	۲۹٫۲۲	۲۱٫۳۲	۲۹٫۰۸	۲۱٫۳۶	۲۱٫۲۷	۲۹٫۴۶	۲۹٫۰۴	۲۱٫۳۶	۲۹٫۱۲	۲۹٫۵۰
Al	۱٫۰۷	۱٫۲۴	۱٫۲۰	۱٫۳۳	۱٫۱۳	۱٫۲۲	۱٫۲۱	۱٫۴۰	۱٫۲۶	۱٫۲۹
Fe	۷٫۷۸	۱۲٫۰۷	۹٫۹۲	۱۲٫۰۳	۱۲٫۰۷	۷٫۸۳	۹٫۷۸	۱۲٫۱۰	۹٫۸۵	۷٫۷۶
Mn	۱۰٫۰۷	۸٫۱۳	۱۰٫۴۱	۸٫۱۳	۸٫۵۲	۷٫۹۲	۱۰٫۴۶	۷٫۷۴	۱۰٫۲۴	۷٫۷۴
Mn/Fe	۱٫۲۹	۰٫۶۷	۱٫۰۵	۰٫۶۸	۰٫۶۸	۱٫۰۱	۱٫۱۱	۰٫۶۴	۱٫۱۰	۱٫۰۰
Ti	۰٫۰۹	۰٫۱۰	۰٫۰۷	۰٫۱۰	۰٫۱۱	۰٫۰۹	۰٫۰۷	۰٫۱۱	۰٫۰۸	۰.۰۸
Ba	۳۱	۲۰	۷۰	۲۰	۲۰	۳۲	۲۰	۷۰	۲۰	۳۰
Nb	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
Sr	۵۰۱	۸۳۳	۲۱۹	۸۳۱	۸۲۸	۴۹۹	۲۲۲	۸۳۰	۲۲۰	۵۰۰
Y	۱۰	۱۰	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲۰	۱۰	۲۰	۱۰
Zn	۵۵	۴۳	۶۳	۴۰	۴۳	۵۰	۶۳	۴۳	۶۳	۵۸
Zr	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
Ag	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Co	۱۵٫۷	۱۵٫۳	۱۵٫۰	۱۵٫۴	۱۵٫۲	۱۵٫۷	۱۵٫۲	۱۵٫۳	۱۵٫۱	۱۵٫۸
Cs	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۸
Cu	۱۰۵	۱۲۱	۱۸۳	۱۰۵	۱۲۲	۱۰۷	۱۸۱	۱۲۳	۱۸۰	۱۰۶
Ga	۱۳	۲۰	۸	۲۴	۲۱	۱۱	۵	۲۱	۶	۱۴
Hf	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Mo	۵	۴	۴	۴	۴	۵	۴	۴	۴	۵
Ni	۱۸	۱۳	۱۸	۱۱	۱۴	۱۹	۱۶	۱۲	۱۷	۱۹
Rb	۱۰٫۹۰	۱۰٫۰۰	۷٫۶۰	۹٫۰۰	۱۱٫۰۰	۱۰٫۹۰	۷٫۸۰	۱۰٫۰۰	۷٫۷۰	۱۰٫۹۰
Sn	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Ta	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵
U	۰٫۹۹	۱٫۳۷	۰٫۵۸	۱٫۳۷	۱٫۳۹	۰٫۹۷	۰٫۵۵	۱٫۳۷	۰٫۵۷	۰٫۹۸
Th	۱٫۵۰	۱٫۳۰	۲٫۰۰	۱٫۵۰	۱٫۳۰	۱٫۵۰	۱٫۸۰	۱٫۴۰	۱٫۹۰	۱٫۵۰
U/Th	۰٫۶۶	۱٫۰۵	۰٫۲۹	۰٫۹۱	۱٫۰۷	۰٫۶۵	۰٫۳۰	۰٫۹۸	۰٫۳۰	۰٫۶۵
Tl	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵
V	۶۰	۴۶	۲۷	۴۷	۴۶	۶۴	۲۷	۴۵	۲۵	۶۱

ادامه جدول ۱

	SHT-1	SHT-2	SHT-3	SHT-4	SHT-5	SHT-6	SHT-7	SHT-8	SHT-9	SHT-10
La	۵٫۱	۷٫۶	۱۱٫۷	۷٫۴	۷٫۶	۵٫۲	۱۱٫۷	۷٫۵	۱۱٫۷	۵٫۲
Ce	۱۷٫۲	۲۵٫۳	۳۰٫۵	۲۵٫۱	۲۵٫۲	۱۷٫۳	۳۰٫۳	۲۵٫۲	۳۰٫۴	۱۷٫۱
Pr	۱٫۶۶	۲٫۱۹	۳٫۱۷	۲٫۲۱	۲٫۲۰	۱٫۶۴	۳٫۱۷	۲٫۱۹	۳٫۱۷	۱٫۶۵
Nd	۷٫۸	۱۰٫۹	۱۲٫۹	۱۱٫۰۰	۱۰٫۸	۷٫۶	۱۲٫۸	۱۰٫۹	۱۲٫۹	۷٫۷
Sm	۲٫۲	۲٫۶	۲٫۶	۲٫۳	۲٫۴	۲٫۲	۲٫۵	۲٫۵	۲٫۷	۲٫۱
Eu	۰٫۴۰	۰٫۶۵	۰٫۶۰	۰٫۶۳	۰٫۶۴	۰٫۳۷	۰٫۵۲	۰٫۶۵	۰٫۵۸	۰٫۳۸
Gd	۱٫۹۹	۲٫۷۸	۲٫۷۲	۲٫۷۷	۲٫۸۰	۱٫۹۷	۲٫۷۰	۲٫۷۹	۰٫۷۱	۱٫۹۸
Tb	۰٫۳۳	۰٫۳۷	۰٫۴۱	۰٫۴۰	۰٫۴۱	۰٫۳۴	۰٫۴۱	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۳۱
Dy	۱٫۶۹	۲٫۱۷	۲٫۴۲	۲٫۱۵	۲٫۱۴	۱٫۹۷	۲٫۴۱	۲٫۱۶	۲٫۴۳	۱٫۹۵
Ho	۰٫۲۹	۰٫۴۸	۰٫۴۳	۰٫۴۸	۰٫۴۸	۰٫۲۹	۰٫۴۳	۰٫۴۸	۰٫۴۳	۰٫۲۹
Er	۱٫۰۹	۱٫۳۹	۱٫۳۸	۱٫۳۹	۱٫۳۹	۱٫۰۹	۱٫۳۸	۱٫۳۹	۱٫۳۸	۱٫۰۹
Tm	۰٫۱۲	۰٫۲۰	۰٫۱۳	۰٫۲۰	۰٫۲۰	۰٫۱۲	۰٫۱۳	۰٫۲۰	۰٫۱۳	۰٫۱۲
Yb	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۰	۱٫۱
Lu	۰٫۱۱	۰٫۲۴	۰٫۱۲	۰٫۲۴	۰٫۲۶	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۲۵	۰٫۱۱	۰٫۱۳
LREE	۳۶٫۳۵	۵۲٫۰۲	۶۴٫۱۹	۵۱٫۴۱	۵۱٫۶۴	۳۵٫۹۸	۶۳٫۶۹	۵۱٫۷۳	۶۴٫۱۶	۳۶٫۱۱
HREE	۵٫۱۰	۶٫۱۵	۶٫۱۰	۶٫۱۶	۶٫۱۸	۵٫۰۳	۵٫۰۸	۶٫۲۷	۵٫۹۰	۴٫۹۹
LREE/HREE	۷٫۱	۸٫۴	۱۰٫۵۲	۸٫۳	۸٫۳	۷٫۱	۱۰٫۵	۸٫۲	۱۰٫۸	۷٫۲
La/Ce	۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۳۸	۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۳۸	۰٫۳۰	۰٫۳۸	۰٫۳۰
ΣREE	۴۱٫۴۵	۵۸٫۳۵	۷۰٫۲۹	۵۷٫۵۷	۵۷٫۸۲	۴۱٫۰۱	۷۰٫۰۶	۵۷٫۶۰	۷۰٫۰۶	۴۱٫۱۰

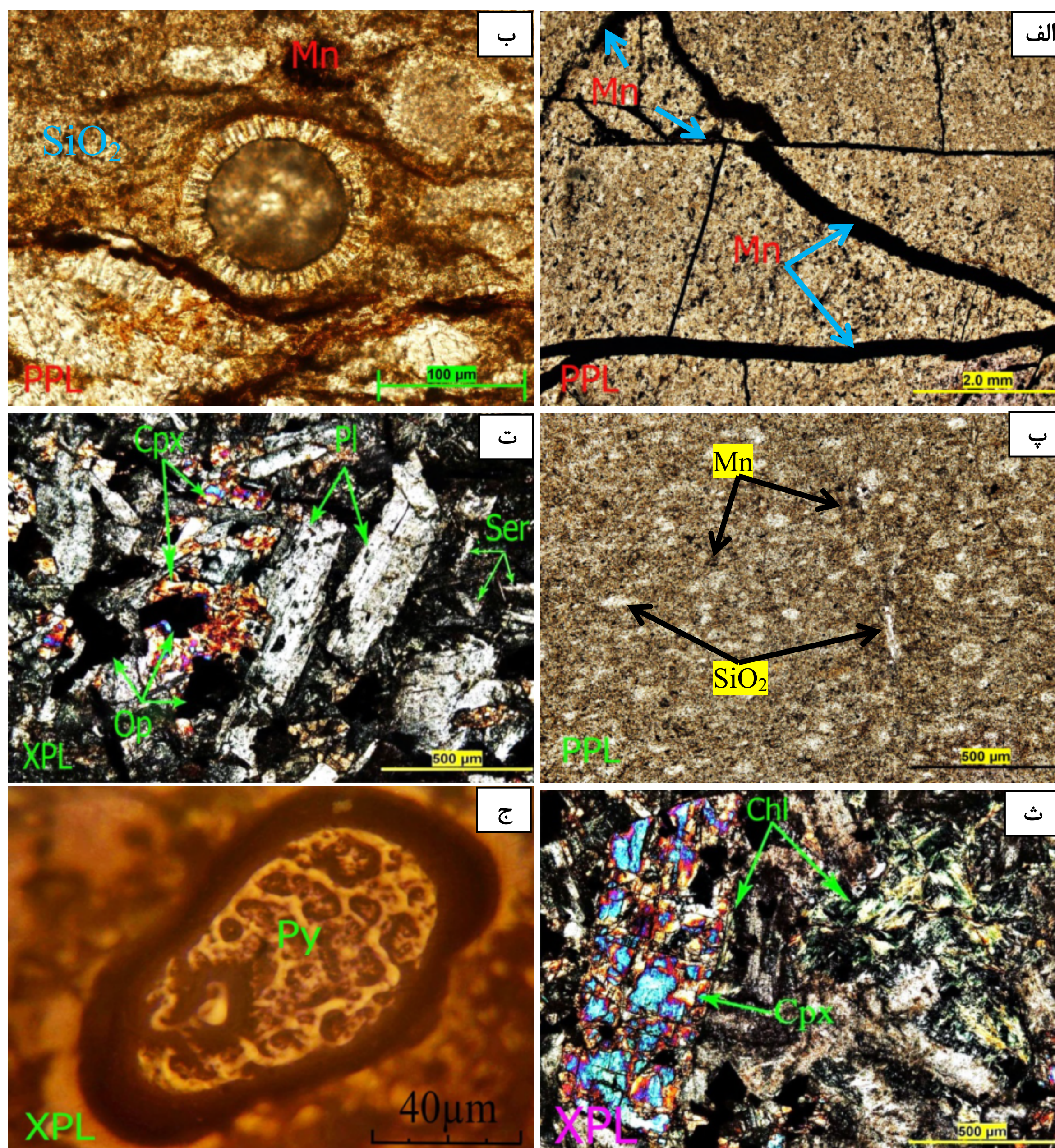
بررسی‌های سنگ شناسی

بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی انجام شده، رادیولاریت‌ها شامل رادیولر سیلیسی هستند و گاهی تنها شبه رادیولر برجای مانده است که با سیلیس نهان بلوری تا ریزبلوری و اکسید آهن جایگزین شده است (شکل‌های ۳ الف و ب). حضور فراوان پوسته‌های رادیولاریتی در نمونه‌های سنگ میزبان و چرت‌های رادیولاریتی نشان‌دهنده نهشت منگنز در محیط عمیق بستر اقیانوسی است [۲۸]. شکستگی موجود در رادیولاریت‌ها که گاهی در اثر فرایندهای زمین‌ساختی ایجاد شده توسط اکسید منگنز و گاه سیلیس و اکسید آهن پرشده است (شکل‌های ۳ الف، ب و پ). همچنین اکسیدمنگنز در همه سطح سنگ دیده می‌شود به طوری که باعث تیرگی سطح مقطع شده‌است (شکل ۳ پ). روی بعضی از خرده سنگ‌های رادیولاریتی و چرت‌ها، آثار کانه‌زایی مس بصورت کانی سبز رنگ مالاکیت دیده می‌شود که فراوانی و گسترش چندانی ندارد.

گدازه‌های بالشی از نوع بازالت و دارای بافت ریزسنگی پورفیری، میان دانه‌ای، شیشه پورفیری وحفره‌دار هستند. کانی‌های اصلی این سنگ‌ها شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و آمفیبول (اکتینولیت به عنوان کانی برآمده از دگرگونی برگشتی کلینوپیروکسن) وکانی‌های فرعی شامل کلسیت، کلریت و کانی‌های کدر هستند. گاهی نیز پلاژیوکلازها بصورت ریزسنگ‌های آلبیت در اثر فرایند اسپیلیتی شدن دیده می‌شوند و آثار سریسیتی شدن در آنها کاملا نمایان است (شکل ۳ ت). کلینوپیروکسن‌ها به صورت ریزبلور در زمینه سنگ و به صورت درشت‌بلور در زمینه‌ای از پلاژیوکلاز دیده می‌شوند که دستخوش دگرسانی شده و در اثر فرایند اورالیتی شدن به آمفیبول و سپس کلریت تبدیل شده‌اند (شکل ۳ ث). کانی‌های کدر در بازالت‌های بالشی به صورت نیمه‌شکل‌دار تا کروی دیده می‌شوند که نشانه فاز تأخیری تبلور بوده و در اصل از نوع کانی‌های آهن-تیتانیوم هستند [۲۹]. همچنین آثار کانه‌زایی پیریت بصورت دانه‌های ریز زردرنگ در درون بازالت‌های بالشی دیده می‌شود که فراوانی به نسبت بالایی نیز دارند (شکل ۳ ج).

بررسی‌های کانه‌نگاری

بررسی‌های کانه‌نگاری ۳۰ مقطع نازک-صیقلی از کانسنگ منگنز نشان‌دهنده وجود کانه‌هایی چون پیرولوسیت، تودوروکیت، رودکروزیت، کریپتوملان، اکسید-هیدروکسیدهای منگنز (هوسمانیت، هیدروهوسمانیت، مانگانیت)، لپیدوکروزیت، پسیلوملان، پیریت و مقادیر کمی روتیل، کالکوپیریت، مالاکیت، هماتیت، مگنتیت و تیتانومگنتیت است.



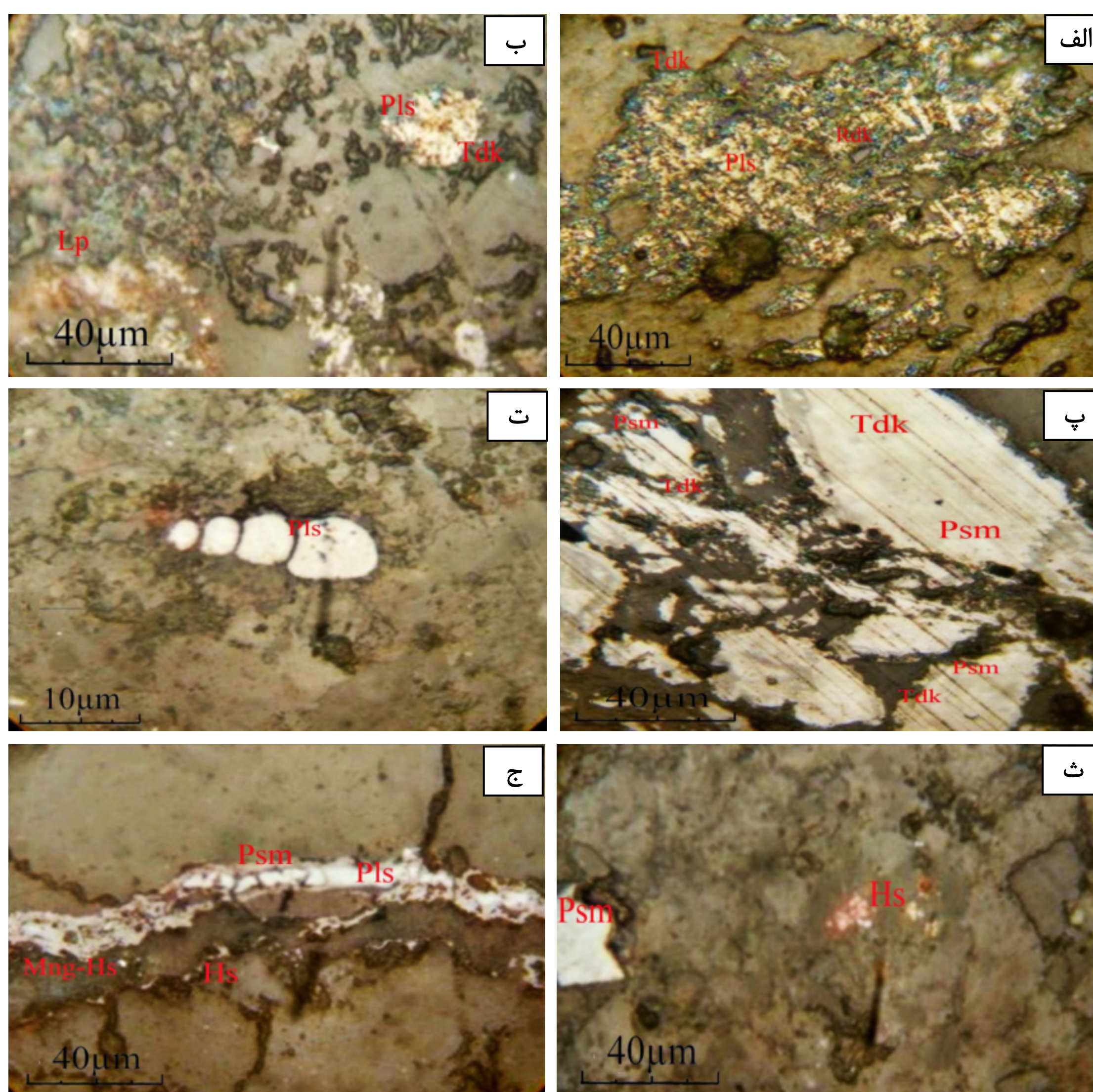
شکل ۳ الف) جایگزین شدن منگنز درون شکستگی‌ها. ب) مقطع میکروسکوپی یک توده رادیولاریتی که جانشینی رادیولاریت‌ها با سیلیس و اکسید آهن را نشان می‌دهد. پ) چرت نهان بلوری با پراکندگی منگنز و به‌مقدار کمتر اکسید آهن در سطح مقطع. ت) پدیده سریسیتی شدن پیشرفته. ث) کلریتی شدن کلینوپیروکسن‌ها گدازه‌های بالشی منطقه و ج) کانه‌زایی پیریت در گدازه‌های بالشی منطقه که نشانه فاز تأخیری است.

پیرولوسیت(MnO_2): کانه اصلی در منطقه منگنزدار تملیه بوده و به شکل‌های گرهکی به صورت بیضوی تا مدور دیده می‌شود. گرهک‌های پیرولوسیت در متن سنگ حضور دارند که اغلب با رگچه‌های تاخیری قطع و جابجا شده‌اند و اندازه آنها گاهی به ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر می‌رسد. پیرولوسیت به صورت ریزبلورهایی در زمینه‌ای به صورت بافت دانه پراکنده با اندازه متوسط حدود ۱۰ تا ۲۰ میکرون دیده می‌شود. بسیاری از بلورهای پیرولوسیت بر اثر دگرسانی به مجموعه‌های ثانویه چون تودوروکیت، مانگانیت و یا هوسمانیت با رنگ‌های تدرونی قرمز تبدیل شده‌اند (شکل‌های ۴ الف و ب).

پسیلوملان ($Ba(Mn^{2+}, Mn^{4+})_9O_{18}.2H_2O$): با لبه دندانه‌دار، بافت قلوه‌ای شکل، بازتابندگی متوسط و چندرنگی قوی در نور

بازتابی بوده ناهمسانگرد و اغلب از لبه با تودوروکیت جانشین شده است (شکل ۴پ). این کانی در رگچه‌های تأخیری و نیز در فضای بین دانه ها به‌صورت سیمان پرکننده بسیار دیده می‌شود. حضور بلورهای ریز کوچکتر از ۵۰ میکرون وجه تمایز این کانی از دیگر کانی‌های منگنز است.

اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز هم به صورت دانه پراکنده و هم به صورت جانشینی از لبه با مانگانیت ناشی از تبدیل پسیلوملان در قالب بلوری و نیز ریزسنگواره‌ها دیده می‌شوند (شکل‌های ۴ ب و ت و ث). بخش عمده‌ای از کانه‌زایی نیز به صورت بافت رگچه‌ای و هم راستا با درزه-شکستگی‌ها رخ داده است که اغلب از نوع اکسید-هیدروکسیدی منگنز و بیشتر تودوروکیت و هیدروهوسمانیت هستند (شکل ۴ ج). ذرات بسیار ریز تا پودرمانندی اکسید-هیدروکسیدهای آهن و منگنز که به احتمال بسیار از نوع مانگانیت و تودوروکیت هستند نیز به صورت همزاد با زمینه سیلیسی شکل گرفته‌اند. به احتمال بسیار این ذرات طی نهشت سیلیس برآمده از برونده‌های زیردریایی تشکیل شده‌اند که نشانگر وجود بافت ریزدانه و رسوبی شیمیایی هستند. وجود برخی کانه‌های هیدروکسیدهای منگنزدار درون درزه و شکستگی‌های تاخیری نشان‌دهنده ماهیت روزادی کانه‌زایی است.



شکل ۴ الف)-نمایی از پیرولوسیت (Pls) در حال دگرسانی به تودوروکیت (Tdk). ب) کانی پیرولوسیت (Pls) در حال دگرسانی به تودروکیت (Tdk) و لیپیدوکروزیت (Lp). پ) پسیلوملان‌های (Psm) کمی دگرسان شده به تودوروکیت (Tdk). ت) جانشینی پیرولوسیت (Pls) دگرسان شده در قالب ریز سنگواره. ث) هوسمانیت (Hs) ریزبلور در کنار بلور پسیلوملان. ج) نمایی از سیلیس، کربنات و اکسید-هیدروکسیدهای منگنز-پیرولوسیت (Pls) دگرسان شده به پسیلوملان (Psm)، هیدروهوسمانیت (Ho)، مانگانیت (Mng).

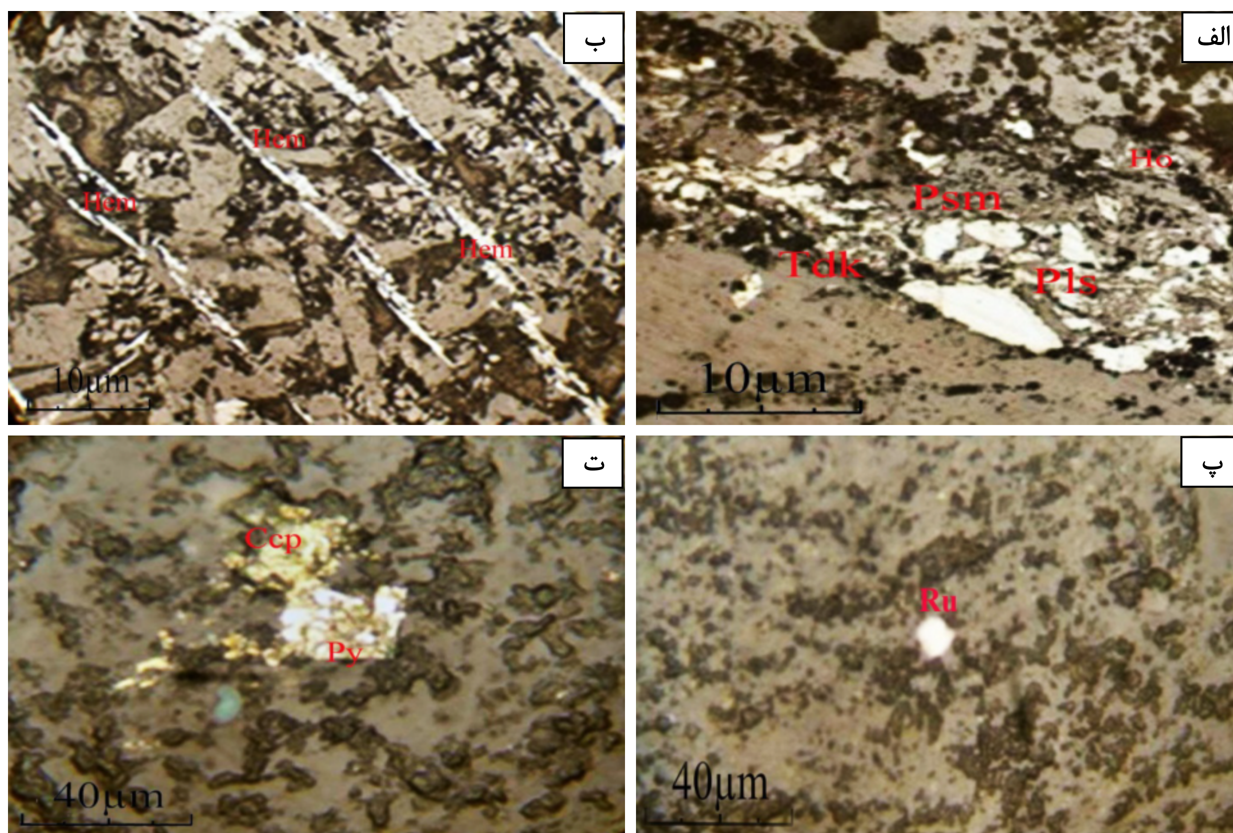
[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

در لبه‌های رگچه‌ها، مقادیری تودوروکیت و همچنین هوسمانیت ($Mn^{2+}Mn^{3+}{}_2O_4$) و هیدروهوسمانیت به صورت آغشتگی‌های پودرمانند دیده می‌شوند (شکل ۵ الف). هیدروهوسمانیت اغلب در رگچه‌های دارای اکسید-هیدروکسیدهای منگنز تاخیری وجود دارد که به احتمال بسیار مربوط به مراحل پایانی کانه‌زایی هستند. ذرات پودرمانند تا ژل‌مانند هیدروکسیدهای منگنز نیز در همه متن سنگ به صورت آغشتگی‌هایی دیده می‌شوند.

ذرات پودرمانند هیدروکسیدهای منگنز برآمده از دگرسانی ثانویه کانه‌های موجود هستند که متن سنگ را آغشته نموده‌اند. این گرهک‌ها در میان لایه‌بندی عمومی سنگ قرار دارند و از رسوبگذاری پیروی می‌کنند. بافت ناآمیختگی و ثانویه با ترکیب هماتیت تا تیتانومگنتیتی به صورت تیغه‌های موازی و روی همه بلورهای اولیه و ثانویه سنگ شکل گرفته است (شکل ۵ب). احتمال دارد که در اثر یک رخداد زمین ساختی و ماگمایی بعدی، شکستگی‌های کششی، موازی با هم و باریک شکل گرفته و کانه‌های مورد اشاره به درون این فضاها حرکت کرده باشند. همچنین رگچه‌های کربناتی دربردارنده ذرات پودرمانند از هولاندیت و کریپتوملان دیده می‌شوند. مقادیری روتیل نیز به صورت دانه پراکنده در این واحد وجود دارد (شکل ۵ پ).

در بعضی نمونه‌ها، ذرات سولفیدی از نوع پیریت (FeS_2) به همراه کالکوپیریت در زمینه سنگ و به‌صورت دانه پراکنده دیده می‌شوند که پیرامون آنها مقداری هماتیت وجود دارد. پیریت‌ها اغلب کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر و گاهی تا یک میلی‌متر هستند. (شکل ۵ ت).

ویژگی‌های بافتی بیان شده نشان می‌دهد که دو مرحله همزایی و روزایی در شکل‌گیری منگنز موثر بوده است. بخشی از کانه‌های شکل گرفته در مرحله همزایی که خود به صورت گرمابی به محیط وارد شده‌اند در اثر دگرسانی بعدی و به صورت روزادی درون رگه‌ها و رگچه‌ها و سنگ‌های رادیولاریتی جایگیری نموده‌اند.

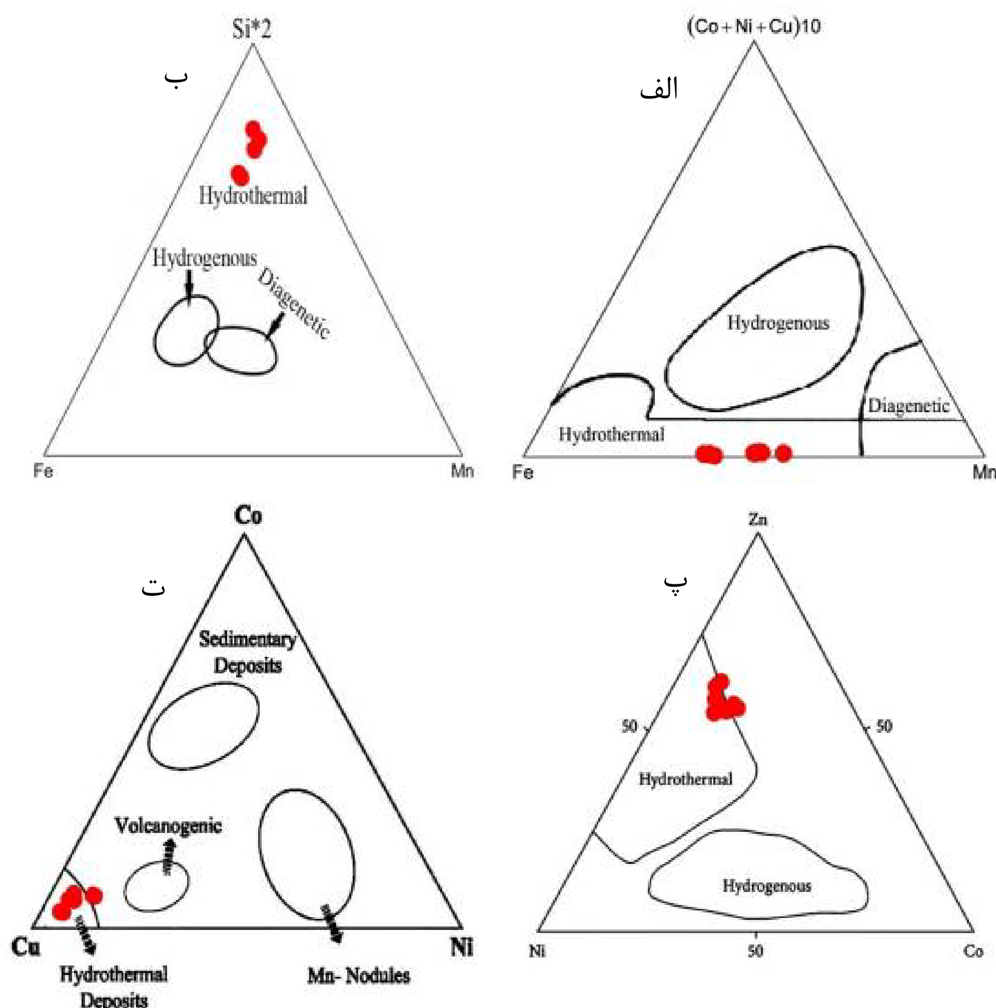


شکل ۵ الف) رگچه دارای پیرولوسیت(Pls)، پسیلوملان(Psm)، تودوروکیت(Tdk) و هوسمانیت(Ho). ب) هماتیت(Hem) تیغه‌ای با بافت ناآمیختگی که به صورت ثانویه بر واحد میزبان شکل گرفته است. پ) روتیل(Ru) دانه پراکنده در زمینه‌ای ریزبلور. ت) کالکوپیریت(Ccp) و پیریت(Py) ریزبلور و دانه پراکنده در زمینه سنگ.

زمین‌شیمی و خاستگاه نهشته منگنز

براساس برخی عناصر اصلی، کمیاب و خاکی نادر و با کمک نمودارهای مختلف می‌توان زمین‌شیمی و خاستگاه نهشته منگنز را مشخص نمود. کانسارهای منگنز گرمابی، درونزاد، آبزاد و زیست‌زاد-میکروبی را می‌توان برپایه نسبت‌های عناصر اصلی و مقدار عناصر کمیاب تفکیک کرد [۴، ۳۰]. خاستگاه ذخایر منگنز را می‌توان براساس مقادیر اکسیدهای عناصر اصلی برخی عناصر چون Mn، Fe، Si، Ti و Al تعیین نمود [۳۱]. برای این منظور و تعیین نوع و خاستگاه کانه‌زایی در منطقه مورد بررسی، تعدادی از مهمترین نمودارها، نسبت‌ها و پارامترهای عنصری استفاده شد.

نمودار Fe-Mn-(Co+Ni+Zn)×10 [۶] برای جداسازی انواع کانسارهای منگنز کاربرد دارد. گرهک‌های منگنز به ویژه گرهک‌های مناطق گودابه‌ای، در مقایسه با آب‌های کم‌ژرفا دارای مقادیر بیشتری از عناصر Co، Ni و Cu هستند. کانسارهای گرمابی نسبت به انواع آبزاد مقادیر کمتری از این عناصر دارند [۷]. نهشته‌های گرمابی منگنز اغلب دارای مقادیر به نسبت بالای Mn و Fe و مقادیر کمتری از عناصر Cu، Co و Ni هستند. این در حالی است که نهشته‌های منگنز آبزاد مقادیر بالایی از عناصر جزئی چون Co، Ni و Cu دارند که نشان‌دهنده زمان رخنمون طولانی و نهشت آهسته آن‌ها در آب دریا و جذب سطحی عناصر توسط فازهای کلوئیدی منگنز و آهن از آب دریاست. از سویی، ته‌نشینی سریع نهشته منگنز گرمابی مانع جذب سطحی عناصر از خاستگاه آبزاد می‌شود [۳۲]. استفاده از این نمودار برای نمونه‌های مورد بررسی نشان‌دهنده مقدار بالای Mn و Fe و مقادیر کمی از Cu، Co و Ni است که در میدان منگنزهای گرمابی قرار می گیرند (شکل ۶ الف).



شکل ۶ نمودارهای سه‌تایی الف) Fe-Mn-(Co+Ni+Zn)×10[۶]، ب) Fe-Mn-Si×2 [۳۱]، پ) Zn-Co-Ni [۳۳] و ت) Cu-Co-Ni [۳۴] و قرارگیری نمونه‌های منطقه مورد بررسی در بخش گرمابی.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

با نمودار $Fe-Mn-Si\times2$ [۳۱] می‌توان محیط تشکیل منگنز بررسی کرد. بر این اساس، نمونه‌های موردنظر گرایش به رأس $Si\times2$ دارند (شکل ۶ ب)که این امر نشان دهنده تشکیل منگنز در محیط سرشار از سیلیس است [۳۲]. مقادیر بالای سیلیس در نهشته‌های گرمابی منگنز که در کنار مجراهای گرمابی زیردریایی امروزی تشکیل می‌شوند گزارش شده است [۳۵]. همچنین وجود مقادیر بالای سیلیس در نمونه‌های یک کانسار را می‌توان به سیال گرمابی دور از خاستگاه نسبت داد [۳۶].

بر اساس بررسی‌های انجام شده، ذخایر منگنز گرمابی دارای مقدار کمی از عناصر Zn، Cu، Co و Ni هستند [۳۳]. عناصر جزئی چون Ni و Zn از نظر خاستگاه به طور اولیه گرمابی هستند و Co اغلب دارای خاستگاه آبزاد است [۳۷]. میانگین مقدار کبالت از ذخایر آبزاد به سمت ذخایر درونزادی و گرمابی با جذب در اکسیدهای منگنز به شدت کاهش می‌یابد [۳۸]. بر این اساس و با توجه به نمودار سه تایی Zn-Co-Ni [۳۳]، نمونه‌های مورد بررسی گرایش به خط Ni-Zn دارند که این ویژگی نهشته‌های منگنز گرمابی زیردریایی است (شکل ۶ پ). این در حالی است که نهشته‌های آبزاد گرایش به خط Ni-Co دارند و به طور نسبی مقادیر بالای Co را نشان می‌دهند [۳۹].

براساس نمودار مثلثی Cu-Ni-Co [۳۴]، کانسارهای تشکیل شده توسط فرآیندهای آتشفشانی و گرمابی بیشترین مقدار مس را دارند [۳۴]. براساس بررسی‌های انجام شده، غلظت عناصر جزئی در کانسارهای منگنز گرمابی زیردریایی، کمتر از کانسارهای آبزاد است. همچنین در کانسارهای منگنز آبزاد، به دلیل جذب سطحی کاتیون‌هایی چون Zn و Cu توسط کلوئیدهای اکسیدی منگنز که بار سطحی منفی دارند، تغلیظ قابل توجهی دیده می‌شود [۳۳]. در منطقه مورد بررسی، غلظت مس (۱۰۵-۱۸۳)، نیکل (۱۱-۱۹) و غلظت کبالت (۱۵-۱۵/۷) گرم در تن است (جدول ۱). بر این اساس، نمونه‌های منطقه مورد بررسی نسبت به دو عنصر نیکل و کبالت غنی از مس بوده و در گستره کانسارهای گرمابی قرار دارند (شکل ۶ت).

بر پایه نمودار دوتایی Co/Zn نسبت به Co+Ni+Cu [۴۰] می‌توان کانه‌زایی گرمابی را از آبزاد تفکیک کرد، به طوری که نسبت Co/Zn برای کانسارهای گرمابی دارای میانگین حدود ۰/۱۵ و برای کانه‌زایی آبزاد ۲/۵ است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، نبود غنی‌شدگی Cu، Co و Ni در نهشته‌های گرمابی منگنز در مقایسه با نهشته‌های آبزاد فرومنگنز در کنار پشته‌های میان اقیانوسی ناشی از آهنگ سریع نهشت و رخ ندادن جذب سطحی عناصر توسط اکسیدهای Mn است [۶]. چنان که در این نمودار دیده می‌شود، نمونه‌های منگنز تملیه در گستره گرمابی قرار دارند (شکل ۷ الف).

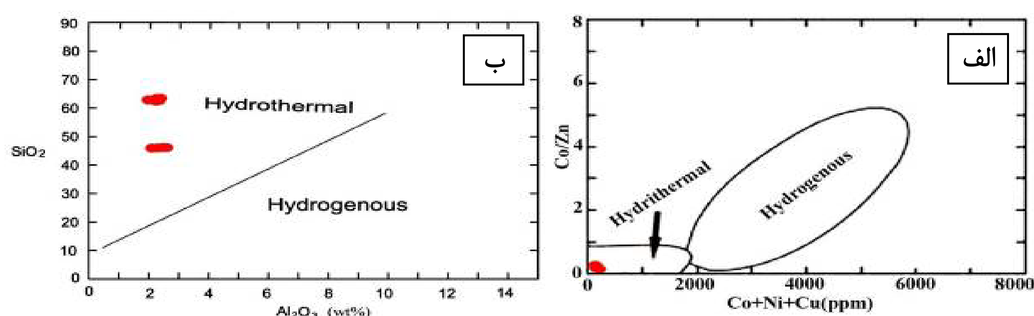
نمودار دوتایی $Al_2O_3-SiO_2$ [۳۵] نیز کانسارهای منگنز گرمابی و آبزاد را ازهم تفکیک می‌کند. منگنزهای گرمابی سیلیس بالا و آلومینیوم پایین دارند. بر اساس این نمودار، نمونه‌های منگنز در گستره گرمابی قرار دارند (شکل ۷ب).

بر پایه نسبت Ti-Al نیز می‌توان خاستگاه نهشته‌ها را بررسی کرد. [۴۱] ذخایر گرمابی منگنز اغلب در کف اقیانوس و در ماده ژلاتینی نزدیک مراکز فوران کننده دارای سیلیس و آهن تشکیل می‌شوند [۴۲]. همراهی Al و Ti با کانسنگ اکسیدی منگنز می‌تواند نشان‌دهنده آمیختگی مواد آواری و رسی در زمان رسوبگذاری باشد [۴، ۳۳، ۴۳، ۴۴]. بر اساس بررسی‌های انجام شده، در نمونه‌های منطقه تملیه مقدار Al بین ۲/۲۰ تا ۲/۶۴ با میانگین ۲/۳ درصد وزنی و مقدار Ti بین ۰/۰۷ تا ۰/۱۱ با میانگین ۰/۰۹ درصد وزنی است. این مقادیر پایین نشان‌دهنده خاستگاه گرمابی منگنز تملیه است.

براساس Mn/Fe می‌توان نهشته‌های منگنز گرمابی و آبزاد را از هم تفکیک نمود [۴۵،۴۴]. مقدار این نسبت برای منگنز دریاچه‌ای کمتر از یک [۶]، در نهشته های آبزاد برابر با یک و در رسوب های برونددمی بین ۰/۱ تا ۱۰ است [۳۴] .

نسبت‌های بسیار بالا و بسیار پایین Mn/Fe نشانگر تفکیک و جدایش این دو عنصر طی حمل و نقل در فعالیت‌های گرمابی و کانه‌زایی در محیط‌های رسوبی است [۴۵]. در منطقه تملیه، این نسبت بین ۰/۶۷ تا ۱/۲۹ با میانگین ۰/۹۲ درصد وزنی است (جدول ۱) که با ذخایر وابسته به نهشته‌های گرمابی همخوانی دارد.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

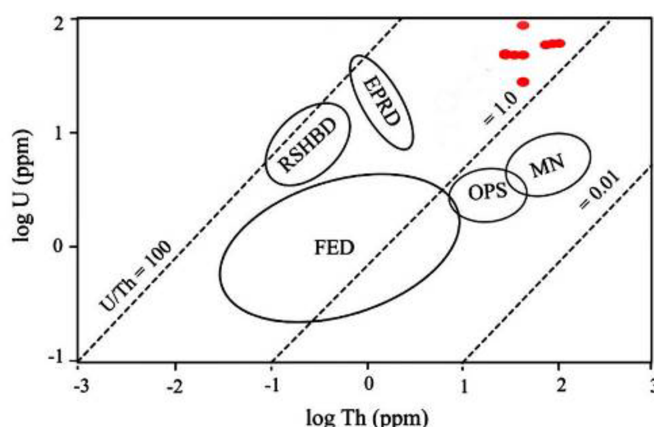


شکل ۷ نمودارهای دوتایی الف) Co/Zn نسبت به Co+Ni+Cu [۴۰] و ب) Al_2O_3-SiO_2 [۳۳] که براساس آنها همه نمونه‌ها در بخش گرمابی قرار دارند.

نسبت U/Th [۴۶] نیز برای بررسی خاستگاه نهشته‌ها استفاده می‌شود. مقدار اورانیوم نهشته‌های گرمابی چندین برابر نهشته‌های آبزاد بوده و فعالیت‌های ماگمایی تمرکز و غنی‌شدگی آن را در پی دارند [۴۷]. توریم به علت حلالیت پایین و مدت اقامت بسیار کوتاه و در اثر فرآیندهای زمین‌شیمیایی در محیط اقیانوسی وارد نشده و وابسته به نهشته‌های آواری است [۴۴]. از سوی دیگر، توریم به دلیل حلالیت کم و زمان اقامت بسیار کوتاه تقریباً در آب دریا حضور ندارد. البته فعالیت‌های گرمابی باعث تمرکز و غنی‌شدگی اورانیوم می‌شوند [۲۷، ۴۸]. نسبت U/Th در کل ۰/۲۹ تا ۱/۰۷ با میانگین ۰/۷۳ درصد وزنی است. در نمونه‌های منطقه تملیه، این نسبت بین ۰/۳۸ و ۱/۱۳ درصد (با میانگین ۰/۶۷) درصد است (جدول ۱). بر این اساس، می‌توان خاستگاه سیال‌های گرمابی را برای نهشت این عناصر در نظر گرفت (شکل ۸).

زمین‌شیمی عناصر خاکی نادر کانسنگ‌های منگنز منطقه

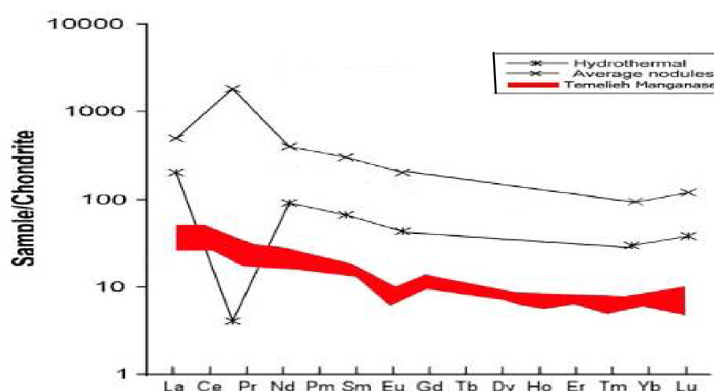
الگوی عناصر خاکی نادر (REE) کانسنگ منگنز تملیه بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۹] نشان‌دهنده جدایش عناصر خاکی نادر سبک (REE) نسبت به سنگین (HREE) است (شکل ۹) به طوری که در عناصرخاکی نادر سبک تا ۶۰ برابر کندریت غنی‌شدگی نشان می‌دهند. شیب LREEها به‌طرف HREE ویژه سنگ‌های تشکیل شده در یک محیط فرورانش است که بر این اساس، می‌توان تشکیل این سنگ‌ها را وابسته به یک کمان فرورانش دانست. از سوی دیگر، در این نمودار عناصر Ce، Sm، Nd و Er بی‌هنجاری مثبت و عناصر Eu، La، Lu، Pr، Ho و Tm بی‌هنجاری منفی دارند. کانسارهای گرمابی به ویژه انواع نهشته شده در محیط‌های دریایی دارای بی‌هنجاری مثبت Ce در مقایسه با گرهک‌های منگنز و نهشته‌های آبزاد هستند [۵۰]. بر این اساس، الگوی بهنجار شده عناصرخاکی نادر کانسنگ منگنز تملیه به نهشته‌های گرمابی شبیه است (شکل ۹) [۵۱، ۵۲]. خاستگاه این محلول‌های گرمابی می‌تواند برآمده از بازالت‌های قلیایی باشد که در گستره محیط درون صفحه‌ای اقیانوسی شکل گرفته‌اند [۵۳].



شکل ۸ نمودار تفکیک کننده U نسبت به Th [۱۵]. FED: ذخایر برونددمی سنگواره، OPS: رسوب‌های گودابه‌ای متداول، MN: گرهک‌های منگنز، RSHBD: ذخایر آبشور دریای سرخ و EPRD: ذخایر پشته‌های میان اقیانوس آرام.)

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]



شکل ۹ نمودار داده‌های عناصرخاکی نادر منطقه تملیه بهنجار شده نسبت به کندریت و مقایسه آن با میانگین نودول‌های منگنز [۵۱] و میانگین نهشته‌های گرمابی [۵۲].

برداشت

با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی، مهم‌ترین کانه‌های موجود در منطقه تملیه شامل پیرولوسیت، تودوروکیت، کریپتوملان، اکسید-هیدروکسیدهای منگنز(هوسمانیت، هیدروهوسمانیت، مانگانیت) لپیدوکروزیت، پسیلوملان، رودکروزیت و گاهی مقادیر کمی از پیریت،کالکوپیریت، مالاکیت، روتیل، هماتیت، مگنتیت و تیتانومگنتیت بوده و کلیست و کوارتز مهم‌ترین کانی‌های باطله هستند. بافت کانی‌سازی بیشتر رگه-رگچه‌ای است اما بافت‌های دیگری چون دانه پراکنده، جانشینی، رسوبی-شیمیایی و ناآمیختگی نیز دیده می‌شوند.

همرشدی اکسیدهای منگنز با کانی‌های کوارتز و کلسیت و وجود بافت‌های متنوع پرشدگی فضای باز، تزریق و پرشدگی رگه-رگچه‌ها وگسل‌های منطقه از منگنز، دگرسانی سنگ میزبان پیرامون رگه‌ها و شکستگی‌های منگنزدار و وجود کانی‌های رسی چون ایلیت و کلریت و همچنین وجود کانی‌های باطله ویژه چون کلسیت و کوارتز، می‌تواند بیانگر کانی‌سازی منگنز تملیه به صورت گرمابی زیردریایی باشد. زمین‌شیمی عناصر اصلی و جزئی نمونه‌های کانسنگ منگنز تملیه نشان می‌دهد که عناصر استرانسیم، نیوبیم، باریم، سزیم و تیتانیم بی هنجاری مثبت و عناصر روبیدیم و پتاسیم بی‌هنجاری منفی دارند. براساس داده‌های زمین‌شیمیایی کانسنگ بر پایه عناصر اصلی و کمیاب و با کمک نمودارهای تفکیک‌کننده مختلف و همچنین نسبت‌های عنصری می‌توان همخوانی خوبی بین منطقه منگنزدار تملیه با کانسارهای گرمابی را مشاهده نمود. نمودار توزیع عناصر خاکی نادر بهنجار شده نسبت به کندریت نشان‌دهنده بی‌هنجاری مثبت Ce و منفی Eu است که به روشنی با نهشته‌های گرمابی منگنز همخوانی دارد. همچنین تشابه الگوی بهنجار شده عناصرخاکی نادر کانسنگ منگنز تملیه با سنگ‌های میزبان آتشفشانی و دیگر کانسارهای گرمابی منگنز جهان نشان‌دهنده خاستگاه گرمابی برای منگنز تملیه است. نبود داده‌های ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن و نیز نتایج پیرامون سیال‌های درگیر، امکان اظهارنظر دقیق در باره‌ی خاستگاه سیال‌های کانه‌ساز در منطقه‌ی مورد بررسی را دشوار می‌سازد، اما می توان گفت که سیال کانه‌ساز طی چرخش و بالا آمدن از مناطق مناسب چون گسل‌ها و شکستگی‌های عمده، کانی سازی کرده است.

مراجع

[1] Stumm W., Morgan J.J., *"Aquatic Chemistry"*, 3rd ed. J. Wiley and Sons, New York. 1996

[2] Anschutz P., Dedieu K., Desmazes F., Chaillou G., *"Speciation, oxidation state, and reactivity of particulate manganese in marine sediments"* Chem. Geol. 218 (2005) 265-327.

[3] Oksuz N., *"Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun- Yozgat) manganese deposits, Turkey"*, J Rare Earth 29 (2011) 87–296.

[4] Polgari M., Hein J. R., Vigh T., Szabo-Drubina M., Forizs I., Biro L., Muller A., Toth A. L., *"Microbial processes and the origin of the Urkut manganese deposit, Hungary"*, Ore Geol Rev 47 (2012) 87–109.

[5] Ingram B. L., Hein J.R., Farmer G.L., *"Age determinations and growth rates of Pacific ferromanganese deposits using strontium isotopes"*, Geochim Cosmochim Acta 54 (1990) 1709-1721.

[6]Hein J. R., Koschinsky A., Halbach P., Manheim F. T., Bau Kang, J. K., Lubick N., *"Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific"*, In: Nicholson K, Hein JR, Buhn B, Desgupta S (eds) Manganese mineralization: Geochemistry and Mineralogy of terrestrial and marine deposits 119 (1997) 123-138.

based on magma in suprasubduction environment(SSZ), 2th conference of earth science, Islamic Azad University, Ashtian Branch, (2011)

[20] Broud J., “La satured du Zagros an nivea du Kermanshah (KurdistanIranian):reconstituation pa leographique evolution geodynamique magmatique etstructural”, Geological survey and mineral exploration of Iran, (1989).

[21] Ricou L.E., “*Evolution structural des Zagrides, La region clef de Neyriz(Zagros Iranien)*”, Memories de la Societe Geologique de France, Nouvelle Serie-Tome, 125 (1976) 1-140

[22] Rajabzadeh M.A., Nazari-Dehkordi, T., “*Investigation on mantle peridotites from Neyriz ophiolite, south of Iran: Geodynamic signals*”, 6 (2013) 4445-4461.

[23] Zarasvandi, A.R., Rezaei, M., Pourkaseb, H., Saki, A., “*Geochemistry of nodulous and Mn-Layer in Nasirabad, N Neyriz 16th conference of geological survey of Iran*”, 16th conference of geological survey of Iran, (2013)

[24] Zarasvandi, A.R., Rezaei, M., Pourkaseb, H., Saki, A., “*Investigation on primary and secondary processes in Nasirabad manganese deposit, south of Neyriz: using mineralogy and Pb isotope geochemistry*” Journal of Economic Geology, 5(1) (2013) 37-47

[25] Moghaddasi, S.J., Negahban, Y.,”*Study of mineralogy and geochemistry of manganese ore and host rocks of the Robat KarimManganese deposit, southwest Tehran*”, Scientific Quarterly journal Geosience, 83(2012) 67-76.

[26] Folk, R.L., 1962, “*Spectral Subdivision of Limestone Types, In: W.E. Ham(Editor), Classification of Carbonate Rocks*”, Am. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa, Okla., (1962) 62-84.

[27] Dunham, R.J., 1962, “*Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, In: W.E. Ham(Editor), Classification of Carbonate Rocks*”, Am. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa, Okla., (1962) 108-121.

[28] Adames.A.A., Machenzie, W.S., Gukiford, C., “*Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope*”, English language book society/longman, (1984) 104 p.

[29] Ahmadi, M., Petrological study of basalt assemblages in Kamyaran, M.Sc. Thesis, Faculty of science, Tehran University, (2001), 205 p.

[30] Zarasvandi A., Lentz D., Rezaei M., Pourkaseb H., *"Genesis of the Nasirabad manganese occurrence, Fars province, Iran: geochemical evidences*", Chem Erde-Geochem 73 (2013) 495–508.

[31] Karakus A., Yavuz B., Koc S., "*Mineralogy and major-trace element geochemistry of the*

[7] Toth J. R., *"Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron"*, Geological Society of America Bulletin 91 (1980) 44-54.

[8] Usui A., Someya M., *"Distribution composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific"*, In: Nicholson, K., Hein, J. R., Bohn, B., Dasgupta, S., (Eds), Manganese Mineralization: Geological Society Publication 119 (1997) 177-198.

[9] Berthier A.F., Billiault J.P., Halbronn B., Maurizot P., Sahandi M.R., Jafarian M.B., Hajmollaali A., Soheili m., “*Geological map of 1/250000 Khorramabad*”, (1992) Geological survey and mineral exploration of Iran.

[10] Mohajjel M., Sahandi M.R., "*Tectonic evolution of Sanandaj-Sirjan Zone*", Scientific Quarterly journal Geosience, 31-32(2001) 28-49.

[11] Valipour A., Ahmadikhalaji A., Rasa I., Shahrokhi S.V., Kiani M., “Petrography and geochemistry of nickel found in ophiolite Prydvtythay Noorabad (North West Lorestan)” 5th Geology specialized conference, Payamenoor Univesity of Abhar (2011).

[12] Elyaszadeh, R., Mohajjel, M., “*Structural Style of High Zagros Zone Based on Thrust Fault System in Southeast Kermanshah*”, Scientific Quarterly Journal Seoscience, 78 (2011) 61-68.

[13] Mohajjel, M., Biralvand, “*Folding Style in Kermanshah Radiolarites and its Significance in Collision Tectonic of Northwest Iran*”, Scientific Quarterly Journal Seoscience, 75 (2010) 75-82.

[14] Abdi, A., Mahmudy Gharaei, M.H., Kariminia, M., Karimi Bavandpur, A., Mohajjel, M., “Ichnofacies Analysis of Kermanshah Radiolarites for the Review of the Sedimentary Environment”, Scientific Quarterly Journal Seoscience, 95 (2015) 206-116.

[15] Stocklin, J., Setudehnia, A., “*Startigraphic Lexicon of Iran*”, Geological survey and mineral exploration of Iran, 18 (1971) 376 p.

[16] Shahidi, A., Nazari, H., “*Geological map of Harsine (1/100,000)*”, Geological survey and mineral exploration of Iran, (1995).

[17] Zarasvandi, A.R., Pourkaseb, H., Sepahvand, M., “Geochemistry and Genesis of the Sorkhvand manganese deposit, Harsin, Kermanshah province” 33th national geoscience symposium, Geological survey and mineral exploration of Iran, (2014).

[18] Zareisahamieh, R., Tabakhshabani, A.A., Shahrokhi, S.V., Barak, N., “*Geochemistry and mineral chemistry of Shahabad gabbroic intrusion, NW Nourabad, Lorestan province”*, Journal of Economic Geology 5(2) (2014) 291-305

[19] Kiani, M., Ahmadikhlaji, A., Shahrokhi,S.V., Rasa, I., Panahi, A., Petrological and geochemical evidence of basalts in ophyolite of Kermanshah

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.2.4.0]

[DOI: 10.52547/ijcm.30.2.239]

[43] Sugisaki, R., "*Relation between Chemical Composition and Sedimentation Rate of Chemical Constraints of depositional Environments of Ancient Sediments*", Journal of Geology, 92 (1984) 235-259

[44] Maynard J. B., *"The chemistry of manganese ores through time: a signal of increasing diversity of earth-surface environments",* Econ Geol 105 (2010) 535–552.

[45] Rona P., Bostrom K., Laubier L., Smith K., *"Hydrothermal processes at sea floor spreading centers",* Published in cooperation with NATO Scientific Affairs Division (1983) 796 p.

[46] Glasby G. P., *"Manganese: predominant role of nodules and crust",* In: H.D. Schulz and M.Z. Zabel (Editors), Marine Geochemistry. Springer-Verlag, Berlin (2000) 335-372.

[47] Bonatti E., Zerbi M., Kay R., Rydell H., "*Metalliferous deposit from the Apennine ophiolites: Mesozoic equivalents of* modern deposits from oceanic spreading center", Geological Society of America Bulletin 87 (1976) 83-94.

[48] Heshmatbehzadi K., Shahabpour J., "*Metallogeny of manganese and ferro manganese ores in Baft ophiolitic Mélange, Kerman, Iran*", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(2) (2010) 02–313.

[49] Sun. S, McDonough W. F., "*Chemical and isotopic systematicsof oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M.J., (Eds.). Magmatism in Ocean Basins*", Geol. Soc. Spec. Publ., London, 1989 ،313 .

[50] Elderfield, H., Greaves, M. J., "Negative Cerium anomalies in the rare earth element patterns of oceanic ferromanganese nodules", Earthplanet.Sci. Let. 55(1981) 163-170.

[51] Haskin, L.A., Frey, F.A., Schmitt, R., Smith, R.H., "*Meteoritic, solarand terrestrial rare earth distributions*", Physics Chemistry Earth 7(1966) 167-321

[52] Ruhlin, D.E., Owen, R.M., "*The rare earth element geochemistry of hydro-thermal sediments from the East PacificRise: examination of a seawater scavenging mechanism*", Geochim.Casmochim. Acta 50(1986) 393–400

[53] Meschede, M. "*A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram*", Chemical. Geology 56(1986) 207-218 .

Haymana manganese mineralizations, Ankara, Turkey", Geochem Int 48 (2010) 1014–1027.

[32] Fitzgerald, C.E., Gillis, K.M., "*Hydrothermal Manganese oxide deposits from Baby Bare seamount in the Northeast Pacific Ocean*", Marine Geology 89 (2005) 1-18.

[33] Choi, J. H., Hariya, Y., "*Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in Tokoro belt, northeastern Hokkaido, Japan", Econ. Geol. 87(1992) 1265-1274.*

[34] Nicholson, K., *"Contrasting mineralogical geochemical signatures of manganese oxide: Guides to metallogenesis"*, Economic Geology 87 (1992) 1253-1264.

[35] Munteanu, M., Marincea, S., Kasper, H.U., Zak, K., Alexe, V., Trandafir, V., Saptefrati, G., and Mihalache, A., "*Black chert-hosted manganese deposits from the Bistritei Mountains, Eastern Carpathians (Romania): petrography, genesis and metamorphic evolution*", Ore Geology Reviews ، 24 (2004) 45-65.

[36] Jach. R., Dudek, T., "*Origin of a Toarcian manganese carbonate/silicate deposit from the Krížna unit, Tatra Mountains ،Poland*", Chem. Geol. 224 (2005) 136-152 .

[37] Flohr, J.K. Marta, M., "*Geochemistry and origin of the Bald Knob manganese Deposit north Carolina*", Economic Geology 78(1992) 2023-2040

[38] Sabatino N., Neri R., Bellanca A., Jenkyns H. C., Masetti D., Scopelliti D., *"Petrography and high_resolution geochemical records of Lower Jurassic manganese rich deposits from Monte Mangart, Julian Alps",* Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 299 (2011) 97-109.

[39] Shah, M.T., Moon, C., "*Mineralogy, geochemistry and genesis of the ferromanganese ore from the Hazara area, NW Himalayas, northern Pakistan*", journal of Asian Earth Science, 23(2004) 1-15

[40] Toth, J.R., "*Deposition of Submarine cherts rich in manganese and iron*", Geol. Soc.of Am. Bull., 91(1980) 44-54.

[41] Sasmaz. A., Türkyilmaz. B., Öztürk., Yavuz. F., Kumral.M., "*Geology and geochemistry of Middle Eocene Maden complex ferromanganese deposits from the Elazığ–Malatya region, eastern Turkey*", Ore. Geol. Rev., 36(2014) 357-372

[42] Roy, S., "*Environments and Processes of Manganese Deposition*", Economic Geology, 87(1992) 1213-1236